

Studi Peralatan Proteksi Sambaran Petir *Lightning Arrester* Pada Jaringan Distribusi 20 KV

Relikson Saragih¹⁾, Yusniati²⁾, Ramayulis Nasution³⁾, Armansyah⁴⁾

¹⁾Alumni, ^{2,3,4)}Dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan
yusniati@ft.uisu.ac.id; ramayulis@ft.uisu.ac.id; armansyah@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Penggunaan peralatan proteksi pada jaringan distribusi 20 KV bertujuan untuk memperkecil daerah pemutusan akibat gangguan, sehingga kontinuitas pelayanan dalam penyaluran energi listrik tidak terganggu. Sambaran Petir adalah salah satu gangguan yang sering terjadi pada saluran udara tegangan menengah 20 KV yang mengakibatkan terjadinya kerusakan peralatan tegangan 20 KV, sehingga harus diamankan dengan peralatan *Lightning Arrester*. Ada tiga macam alat pengaman petir yaitu sela batang, arrester jenis ekspulsi dan arrester jenis katup. Saluran udara sangat dipengaruhi oleh jumlah sambaran petir pada saluran dan jumlah sambaran petir sangat tergantung pada kegiatan (intensitas) petir di daerah tempat saluran udara tersebut. Jika terjadi sambaran langsung semua energi petir dilepaskan ke saluran udara, sedang jika sambarannya tidak langsung hanya sebagian dari energi petir yang dilepaskan ke saluran udara tersebut. Dengan demikian tegangan lebih yang paling besar dan paling berbahaya adalah akibat dari sambaran langsung. Untuk menghindari kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik yang diakibatkan tegangan lebih surja petir dibutuhkan suatu sistem perlindungan yang cukup baik yaitu sistem proteksi *Lightning Arrester*. Sebagai alat pelindung yang baik harus mempunyai perbandingan perlindungan yang tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum diperbolehkan pada waktu pelepasan dan tegangan sistem 50 hertz yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi.

Kata Kunci : Jaringan Distribusi, *Lightning Arrester*, Gangguan, Petir

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi primer merupakan suatu bagian yang sangat penting di dalam sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi ke konsumen. Seperti yang kita ketahui dalam penyaluran energi listrik sering mengalami gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran daya.

Proteksi digunakan untuk melindungi peralatan-peralatan listrik dari gangguan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi primer. Adapun gangguan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi primer antara lain adalah :Beban lebih, Tegangan lebih, Hubung singkat, Stabilitas sistem tenaga listrik, dan Sambaran petir.

Beban lebih terjadi akibat pemakaian beban yang melebihi rating generator dan transformator. Sedang untuk gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat fasa ke fasa, fasa ke tanah, biasanya gangguan ini disebabkan oleh :Kerusakan isolasi dan gangguan alam.

Pada gangguan tegangan lebih sering diakibatkan oleh surja petir dan surja hubung (*switching*), dimana petir menyambar peralatan sistem baik secara langsung atau tidak langsung pada jaringan hantaran udara. Untuk gangguan stabilitas sistem tenaga listrik terjadi pada saat hubung singkat yang terlalu lama ataupun pengurangan dan penambahan beban yang besar secara seketika, sehingga sistem belum siap untuk menerima keadaan tersebut.

Alat perlindungan terhadap tegangan surja berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga

listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang terjadi dan mengalirkannya ke tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi primer adalah bagian dari tenaga listrik yang terletak antara gardu induk dan gardu distribusi. Jaringan primer terdiri dari *feeder-feeder* primer bermula dari bus tegangan menengah gardu induk melintasi daerah beban dan berujung pada rangkaian primer gardu distribusi, ada dua macam yaitu :

- a. Saluran udara
- b. Saluran bawah tanah

Jaringan saluran udara lebih banyak melayani beban-beban ringan, sedang saluran bawah tanah atau kabel umumnya melayani beban yang berat. Banyaknya pencabangan dilakukan pada jaringan saluran udara akibatnya banyak alat pemutus dipergunakan dari jenis dan kemampuan tertentu untuk dipergunakan pada suatu jaringan dan besarnya beban yang dilayani.

Bila ditinjau dari bentuk jaringan distribusi primer dapat dikategorikan sebagai berikut :

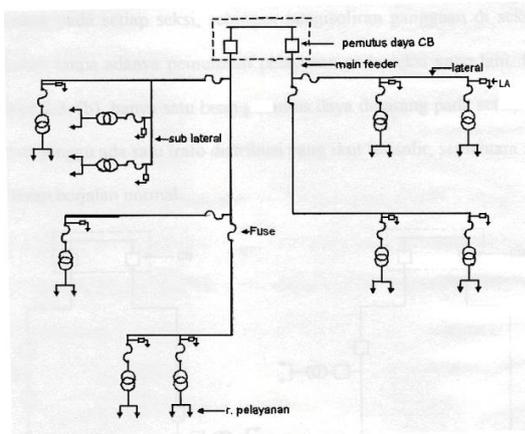
- a. Jaringan radial
- b. Jaringan ring (loop)
- c. Jaringan loop-radial
- d. Jaringan spindle

Pemilihan dari bentuk jaringan distribusi primer tersebut didasarkan pada posisi beban yang dilayani jaringan primer. Misalnya disuatu daerah beban mengelompok secara rapat dan luas seperti

di daerah perkotaan, sedangkan di daerah lain beban terpencil satu-satu memanjang secara radial seperti dipinggir kota.

Jaringan radial adalah jaringan yang menyalurkan daya dari suatu sumber ke pusat beban dengan satu arah aliran daya, di mana setiap saluran (*feeder*) terdapat beberapa transformator distribusi yang dilengkapi dengan sekring (lihat Gambar 1).

Jaringan radial ini biasanya digunakan daerah dengan kerapatan beban yang rendah atau sedang. Keuntungan dari jaringan ini adalah selain bentuknya sederhana, sistem proteksi yang tidak sulit dan lebih ekonomis.



Gambar 1. Jaringan radial

Sistem distribusi tenaga listrik terbagi menjadi dua yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder, sistem distribusi primer merupakan suatu sistem diantara gardu induk dan gardu distribusi dan titik beban. Di dalam penyaluran energi listrik sering mengalami gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran daya. Di mana gangguan tersebut disebabkan oleh tingginya tegangan lebih. Dan tegangan lebih ini dapat dikarenakan oleh surja petir dan surja hubung (*switching*).

2.2. Gardu induk

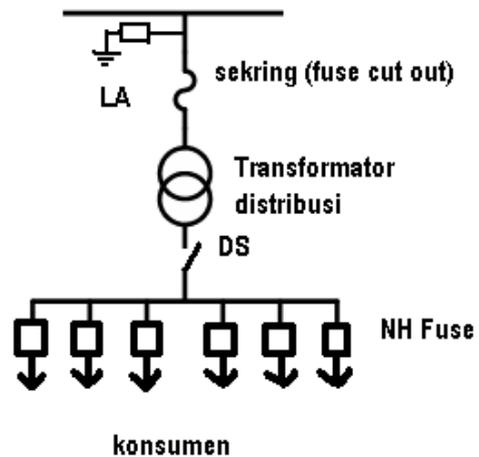
Gardu induk adalah suatu gardu yang berfungsi menurunkan tegangan transmisi ke tegangan sistem distribusi primer. Saluran akan masuk ke transformator daya dan ke luar dari gardu induk sebagai *feeder* primer. Saluran akan masuk dan ke luar transformator daya setelah melalui alat-alat pemutus dan alat proteksi yang ada pada gardu induk tersebut. *Feeder-feeder* primer meninggalkan gardu induk melalui kabel bawah tanah dan pada jarak tertentu dari gardu induk akan muncul lagi sebagai hantaran udara atau seterusnya sebagai kabel bawah tanah. Peralatan-peralatan penting yang terdapat pada gardu induk adalah :

- Transformator daya
- Busbar
- Alat-alat pemutus
- Panel hubung dan transformator ukur
- Gedung gardu induk

2.3 Gardu distribusi

Gardu distribusi adalah gardu yang berfungsi menurunkan tegangan distribusi primer ke tegangan distribusi sekunder dan mengatur pelayanan daya ke titik beban melalui *feeder-feeder* sekunder. Untuk beban yang lebih besar dari 200 kVA harus mempunyai gardu distribusi sendiri. Pengaturan semacam ini dimaksud sebagai usaha meningkatkan kualitas sistem sehingga tidak ada konsumen yang merasa dirugikan akibat tegangan yang diterima terlalu rendah. Pada umumnya rangkaian dan peralatan pada setiap gardu distribusi adalah seperti pada Gambar 2, yang terdiri dari :

- Satu saklar pemisah (*disconnecting switch*) untuk menghubungkan penghantar yang datang dari gardu induk ke rel gardu distribusi.
- Satu saklar beban (*load break switch*) untuk menghubungkan rel dengan penghantar ke luar gardu distribusi.
- Satu transformator distribusi yang dihubungkan melalui saklar pemisah ke rel dan diamankan oleh sebuah sekring dan Lightning Arrester (LA).



Gambar 2. Peralatan pengamanan pada gardu distribusi

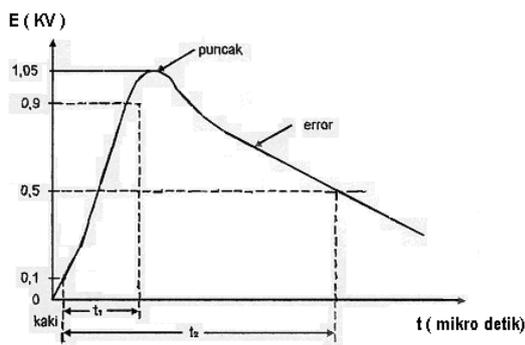
2.4 Petir

Petir (*lighting flash*) adalah suatu proses pelepasan muatan listrik di atmosfer, yang biasa terjadi antara awan dengan awan, antara ion-ion yang berbeda di dalam awan yang sama, dan antara awan dengan bumi. Pelepasan muatan listrik antara awan dengan bumi terjadi karena kuat medan listrik antara muatan di awan dengan muatan induksi yang timbul pada bumi yang polaritasnya berlawanan. Semakin besar muatan yang terdapat di awan, semakin besar pula medan listrik yang terjadi, karena beda potensial antara awan dengan bumi akan naik. Jika kuat medan listrik ini melebihi kuat medan tembus udara akan terjadi pelepasan muatan listrik dari awan ke bumi.

Pelepasan muatan (*discharge*) listrik dinamakan petir.

Faktor yang sangat penting dalam perhitungan angka ke luar adalah jumlah sambaran petir pada saluran yang bersangkutan. Suatu saluran yang terletak di daerah dimana sering terjadi sambaran petir akan mempunyai angka ke luar yang lebih tinggi dibandingkan dengan saluran udara yang sama tetapi terletak di daerah yang sambaran petirnya lebih sedikit. Faktor lain yang berpengaruh terhadap angka ke luar adalah tegangan lebih akibat sambaran petir. Tegangan lebih terhadap sambaran petir selain tergantung pada parameter sambaran yaitu arus puncak dan waktu muka dipengaruhi oleh parameter saluran tanpa kawat tanah, impedansi surja tiang kawat tanah, tahanan pentanahan tiang untuk saluran yang dilengkapi dengan kawat tanah.

Bentuk umum suatu gelombang berjalan dengan tegangan impuls yang mempunyai spesifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.1. Bentuk tegangan impuls ini menirukan tegangan lebih pada sistem tenaga listrik yang diakibatkan sambaran petir/kilat.



Gambar 3. Spesifikasi gelombang berjalan

2.5. Tegangan lebih sambaran petir langsung

Tegangan lebih akibat sambaran petir langsung dapat terjadi karena sambaran langsung ke kawat fasa atau ke kawat tanah, dan sambaran di sekitar saluran udara (sambaran tidak langsung) yang dapat menimbulkan tegangan lebih induksi. Jika terjadi sambaran langsung semua energi petir dilepaskan ke saluran udara, sedang jika sambarannya tidak langsung hanya sebagian dari energi petir yang dilepaskan ke saluran udara tersebut. Dengan demikian tegangan lebih yang paling besar dan paling berbahaya adalah akibat dari sambaran langsung. Sementara tegangan lebih induksi menurut Rusck besarnya maksimum 400 kV.

Pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT), tegangan lebih induksi tidak menjadi masalah, sedangkan pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) pengaruhnya besar bahkan merupakan penyebab utama gangguan akibat petir. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tingkat ketahanan isolasi (U 50%) pada kedua sistem tersebut, yaitu

antara tegangan 100 kV sampai 500 kV untuk SUTM dan di atas 1000 kV untuk SUTT.

Pada bagian ini hanya akan dibahas tegangan lebih akibat sambaran petir langsung pada SUTM tanpa kawat tanah yang terdiri dari SUTM 3 fasa 3 kawat dan SUTM 3 fasa 4 kawat (dengan satu kawat netral), dan SUTM yang dilengkapi dengan satu kawat tanah.

III. PEMBAHASAN

3.1. Alat Pelindung

Alat perlindungan terhadap tegangan surja berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Berhubungan dengan fungsinya itu, ia harus dapat menahan tegangan sistem 50 Hertz untuk waktu yang tidak terbatas dan harus dapat melakukan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Kecuali itu, sebuah alat pelindung yang baik mempunyai perbandingan perlindungan atau "*protective ratio*" yang tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum yang diperbolehkan pada waktu pelepasan (*discharge*) dan tegangan sistem 50 Hertz maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi.

Ada tiga macam alat pelindung terhadap surja yang dikenal, yaitu : sela batang (*rod gap*), arrester jenis ekspulsi (*expulsion type lightning arrester*) atau sering juga disebut tabung pelindung (*protector tube*) dan arrester jenis katup (*valve type lightning arrester*).

a. Sela Batang

Sela batang merupakan alat pelindung surja yang paling sederhana tetapi paling kuat dan kokoh. Tetapi sela batang ini jarang digunakan pada rangkaian yang penting karena dia tidak dapat memenuhi persyaratan dasar dari suatu alat pelindung yang sebenarnya. Dia tidak dapat memutuskan arus susulan, jadi selalu berakibat timbulnya gangguan setiap ada surja yang menimbulkan lompatan api pada sela batang ini. Sela batang ini biasanya digunakan sebagai pelindung cadangan dalam hal arrester dilepaskan dari saluran karena kerusakan atau karena sebab lain.

b. Arrester

Arrester atau sering juga disebut penangkap petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Ia berlaku sebagai jalan pintas (*by-pass*) sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hertz. Jadi pada kerja normal arrester itu berlaku sebagai isolasi dan bila timbul surja dia berlaku sebagai konduktor, jadi melewatkan aliran arus yang

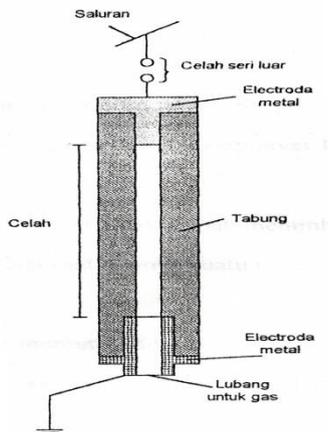
tinggi. Setelah surja hilang, arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolasi, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka.

3.2 Jenis-jenis arrester

Arrester terdiri dari dua jenis : jenis ekspulsi (*expulsion type*) atau tabung pelindung (*protector tube*) dan jenis katup (*valve type*).

a. Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung

Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik batang yang berada di luar, di udara atau disebut sela seri, lihat Gambar 4.



Gambar 4. Elemen-elemen arrester jenis ekspulsi

Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan arrester kedua sela percik, yang di luar dan yang berada di dalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan pengantar dalam bentuk busur api. Jadi arrester menjadi konduktor dengan impedansi rendah dan melakukan surja arus dan arus daya sistem bersama-sama. Panas yang timbul karena mengalirnya arus petir menguapkan sedikit bahan pelindung tabung serat, sehingga gas yang ditimbulkannya menyembur pada api dan mematikannya pada waktu arus susulan melewati titik nolnya. Arus susulan dalam arrester jenis ini dapat mencapai harga yang tinggi sekali tetapi lamanya tidak lebih dari satu atau dua gelombang, dan biasanya kurang dari setengah gelombang. Jadi tidak menimbulkan gangguan.

Arrester jenis ekspulsi ini mempunyai karakteristik volt waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan. Tetapi tegangan percik impulsnya lebih tinggi dari arrester jenis katup. Tambahan lagi kemampuan untuk memutuskan arus susulan tergantung dari tingkat arus hubung singkat dari sistem pada titik di mana arrester itu dipasang. Dengan demikian arrester ini dipandang tidak memadai untuk perlindungan transformator daya, kecuali untuk sistem distribusi.

Arrester jenis ekspulsi ini banyak juga digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk. Dalam penggunaan yang terakhir ini arrester jenis ini sering disebut sebagai tabung pelindung.

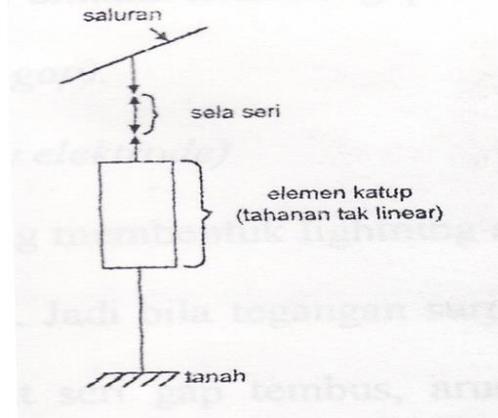
b. Arrester jenis katup

Arrester jenis katup ini terdiri dari sela percik atau sela seri yang terhubung dari elemen tahanan yang mempunyai karakteristik tidak linear, lihat Gambar 5.

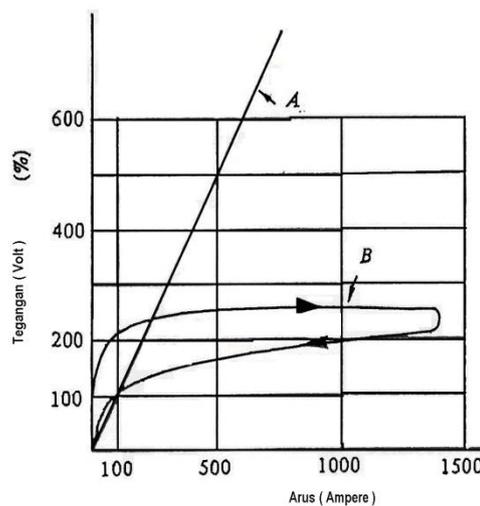
Tegangan frekuensi dasar tidak dapat menimbulkan tembus pada sela seri. Apabila sela seri tembus pada saat tibanya suatu surja yang cukup tinggi, alat tersebut menjadi penghantar.

Sela seri tidak bisa memutuskan arus susulan. Dalam hal memutuskan arus susulan, arrester jenis katup ini dibantu oleh tahanan tak linear yang mempunyai karakteristik tahanan kecil untuk arus besar dan tahanan besar untuk arus susulan dari frekuensi dasar, lihat Gambar 6.

Arrester jenis katup ini dibagi dalam tiga jenis : jenis gardu, jenis saluran, dan arrester untuk melindungi mesin-mesin berputar.



Gambar 5. Elemen-elemen arrester jenis katup



Gambar 6. Karakteristik volt-ampere dari elemen tahanan katup

3.3.Prinsip kerja Arrester

Pada dasarnya diagram dan bentuk fisik dari lightning arrester tipe ini dapat dilihat dalam Gambar 4. Maka dengan itu terlihatlah bahwa lightning arrester tipe ekspulsi terdiri dari atas 3 (tiga) bagian yaitu :

- Seri gap (*isolating spark gap*), dimana terminal gap ini dibuat dari porselin
- Gap dalam (*interrupting spark gap*)
- Elektroda pembantu (*auxiliary electrode*)

Bagian-bagian di atas yang membentuk lightning arrester tipe ini akan sangat mempengaruhi cara kerja alat ini. Jadi bila tegangan surja petir menyambar saluran tenaga listrik maka akan terlihat seri gap tembus, arus pelepasan ini diteruskan kepada gap dalam kemudian gap dalam juga tembus akan menimbulkan arus pelepasan dengan nilai tinggi. Arus pelepasan dengan nilai tinggi yang terjadi antara elektroda atas dan elektroda bawah dari gap dalam akan mengakibatkan dinding tabung yang terbuat dari fiber perlahan berubah menjadi gas. Dan seterusnya gas yang timbul ini akan menyembur serta mematikan arus susulan pada saat tegangan saluran mencapai titik nol pertama.

3.4 Pemilihan arrester

Dalam memilih arrester yang sesuai untuk suatu kepentingan tertentu, beberapa faktor harus diperhatikan, yaitu :

- a. Kebutuhan perlindungan : ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dan arrester.
- b. Tegangan sistem : ialah tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan arrester.
- c. Arus hubung singkat : ini hanya diperlukan pada arrester jenis ekspulsi
- d. Jenis arrester : apakah arrester jenis gardu, jenis saluran atau jenis distribusi
- e. Faktor kondisi luar : apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih di atas permukaan laut), temperatur dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran.
- f. Faktor ekonomi : faktor ekonomi adalah perbandingan antara ongkos pemeliharaan dan kerusakan bila tidak ada arrester, atau bila dipasang arrester yang lebih rendah mutunya.

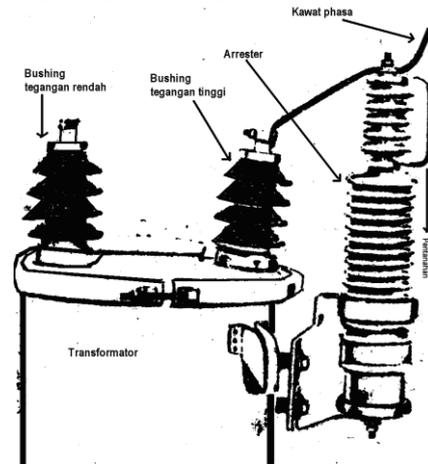
3.5 Penggunaan arrester

Arrester berfungsi untuk melindungi peralatan sistem jaringan distribusi terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir dan surja hubung.

Pada umumnya arrester dipasang pada setiap Saluran Udara Tegangan Tinggi yang memasuki gardu induk, dan pada transformator guna menjamin terlindungnya transformator dan peralatan lainnya dari tegangan lebih tersebut.

Cara pemasangan arrester yaitu disambungkan langsung ke kawat fasa dan menempatkan

arrester sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemasangan arrester pada transformator distribusi satu fasa

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Saluran udara sangat dipengaruhi oleh jumlah sambaran petir pada saluran dan jumlah sambaran petir sangat tergantung pada kegiatan (intensitas) petir didaerah tempat saluran udara tersebut.
2. Intensitas petir suatu daerah biasanya dinyatakan dengan hari guruh daerah tersebut, yaitu jumlah hari rata-rata dimana petir terdengar setiap tahunnya.
3. Sumber-sumber tegangan lebih yang mungkin terjadi dan sangat mengganggu kesinambungan pelayanan tenaga listrik adalah: Tegangan lebih yang berasal dari luar sistem itu sendiri, antara lain adalah tegangan lebih surja petir.
4. Jenis arester yang digunakan adalah jenis ekspulsi (*expulsion type*) atau tabung pelindung (*protector tube*) dan jenis katup (*valve type*).

4.2 Saran

Karena pemilihan dan penentuan peralatan proteksi belum memadai maka sangat diharapkan agar di dalam pemilihan peralatan sistem pengamanan (*proteksi*) lebih memperhatikan aspek-aspek keandalan sistem tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.S.Pabla, 1994, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, (Alih Bahasa Abdul Hadi) Erlangga : Jakarta.
- [2] A.Arismunandar, 1979, *Teknik Tenaga Listrik*, edisi ke -4, Pradnya Paramita : Jakarta.

- [3] A.Arismunandar, 1994, *Teknik Tegangan Tinggi*, Pradnya Paramita : Jakarta.
- [4] A.Arismunandar, 1973. *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, Penerbit Pratnya Paramita Jakarta.
- [5] A.Arismunandar, 1975. *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid III, Penerbit Pratnya Paramita Jakarta,.
- [6] Aslimeri, dkk, Dkk., 2008, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 3*, Penerbit Direktorat Jendral Pendidikan Dasar Dan Menengah, Departmen Pendidikan Nasional.
- [7] Bonggas L. T, 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [8] Djiteng Marsudi, Ir, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta Selatan, Tahun 1990
- [9] Hendra Marta Yudha, Ir, MSEE. 2008. Modul Perkuliahan : *Rele Proteksi Prinsip dan Aplikasi*. Fakultas Teknik UNSRI.
- [10] Ing G. Van Der & Ing. EH. Knol, *Ringkasan Elektro Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, Tahun 1985
- [11] PT.PLN (Persero), *Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, Lightning Arrester* (No. Dok: 12-22/HARLUR-PS/2009).
- [12] Robert. D. Evans. 1950. *Electrical Transmisi and Distribusi*, Oxford & IBH Publishing,
- [13] Sunil S. Rao. M.E. (Electical). M.I.E., 1973, *Swicthgear And Protection*, Khanna Publisher 2 – B. Nath Market Nai Sarak – New Delhi.
- [14] Soptiyadi, Edi, 1999, *Sistem Pengaman Tenaga Listrik*, Penerbit Adicita Karya Nusa
- [15] T.S.Hutauruk, 1991, *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*, Erlangga : Jakarta.
- [16] Turan Gonen, 1986, *Electrical Power System Engineering*, MC. Graw – Hill Book Company: New York.
- [17] William D. Stevenson, JR., 1984, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta
- [18] <http://antipetir.com/bentuk-perlindungan-penangkal-petir>

